

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Шкілюка Олександра Петровича «Засоби багатоваріантного аналізу ефективності алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання», представлені на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

1.1. Обґрунтування вимог до показників ефективності та інших техніко-економічних характеристик складних радіотехнічних систем, зокрема, бортових радіотелеметричних систем (БРТС) короткотривалого використання, а саме БРТС безпілотних літальних апаратів різного призначення з активним функціонуванням на протязі хвилин або десятків хвилин, є ключовим на початку їх розроблення. Ці показники і відповідні варіанти побудови БРТС мають урахувувати можливі відмови окремих елементів або зміні певних параметрів, які здатні призвести до часткової або повної втрати функціональності системи. Прийнятним показником ефективності БРТС за таких обставин є імовірність виконання визначених функцій за заданий час.

Визначення показників ефективності для різних варіантів структури і сценаріїв функціонування БРТС короткотривалого використання на етапі системотехнічного проектування, з урахуванням зовнішніх і внутрішніх чинників, зменшує витрати часу і кошти на проведення натурних випробувань та застосування систем.

1.2. Конструктивним концептом для такого багатоваріантного аналізу БРТС є алгоритмічні та інші моделі, які відтворюють їх функціональну і надійнісну поведінку. Така модель, яка може бути названа алгоритмом поведінки має урахувувати використання часової надлишковості (циклів, стохастичних і детермінованих переходів), процедур самоконтролю і діагностування та реконфігурації системи. При визначенні середнього значення тривалості виконання алгоритму необхідно враховувати виходи з циклу за певної умови та спроби не лише успішного, а й неуспішного його виконання. Для БРТС означеного класу неврахування неуспішних спроб вносить похибку визначення середнього значення тривалості виконання алгоритму.

Таким чином, важливо мати засоби (моделі, методи та програмне забезпечення), які дозволять отримати достовірний результат багатоваріантного аналізу за допустимий проміжок часу системотехнічного проектування.

1.3. З урахуванням сутнісних і технологічних обмежень існуючих методів моделювання щодо гнучкості та повноти врахування особливостей алгоритмів поведінки БРТС можна зробити висновок про актуальність, з теоретичного і практичного боку, теми дисертації, присвяченої розробленню моделей і методів оцінювання та багатоваріантного аналізу показників ефективності бортових радіотелеметричних систем короткотривалого використання.

1.4. Дослідження виконувалися за замовленням Міністерства освіти і науки України, які виконувались на кафедрі теоретичної радіотехніки та радіовимірювань Національного університету «Львівська політехніка» в рамках проектів НДР за темами «Розроблення моделей, методів та алгоритмів для автоматизованої оцінки показників надійності радіоелектронних та електромеханічних пристроїв та систем», «Розроблення моделей надійності, ризику та безпечності програмно-апаратних технічних систем» та інші.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

2.1. У вступі та у першому розділі сформульовано наукову задачу дисертаційної роботи, обґрунтовано актуальність теми, показано її зв'язок з науковими програмами, темами, подано мету і завдання дослідження, приведено основні наукові результати дисертаційного дослідження та показано їх практичне значення. Представлено відомості про апробацію роботи та дані про особистий внесок здобувача в колективних публікаціях.

За темою дисертації зроблено досить повний і детальний огляд науково-технічних публікацій джерел, у тому числі англомовних (усього 150 найменувань), і проаналізовано методи оцінювання показників ефективності радіотелеметричних систем. Виконано ретельний аналіз їх особливостей та обґрунтовано вибір показників ефективності.

Сформульовано аргументовані висновки, що попри широкий спектр існуючих методів, частково придатних для оцінювання ефективності БРТС, але у більшості випадків їх вибір та застосування залежать від інтелекту розробника, вимагають значних витрат часу і можуть призвести до внесення помилок при неавтоматизованих операціях. З іншого боку, потрібно також модифікувати існуючі методи для виконання багатоваріантного аналізу показників ефективності БРТС короткотривалого використання.

Зауваження. Слід відзначити, що список джерел за останні три роки (2014-2017) обмежується у більшості публікаціями автора. Є недоречні повторення у вступі і першому розділі. Це стосується огляду публікацій та визначення внеску відомих вчених. Крім того, більшої ґрунтовності слід було б очікувати щодо опису методики проведення досліджень.

2.2. У другому розділі шляхом внесення змін в окремі елементи відомої структурно-автоматної моделі здійснено вдосконалення методу простору станів (методу автоматизованої побудови графу станів і переходів), який дає змогу формалізувати автоматичну побудову алгоритму поведінки системи.

Суть вдосконалень полягає у відображенні особливостей алгоритму поведінки на блок-схемі в явній формі. Стохастичний блок альтернативного переходу і детермінований блок умовного переходу призначені для розрізнення станів втрати працездатності та збоїв апаратних засобів, існування циклів в АП, реалізацію виходу з циклу за певної умови. Врахування цих особливостей дає змогу відобразити в моделі не лише надійнісну, а й функціональну поведінку БРТС короткотривалого використання.

Шляхом модифікації методу автоматизованої побудови графу станів і переходів було розроблено нові процедури побудови моделей, формування, оцінки та дослідження показників ефективності алгоритмів поведінки. Це дозволяє будувати моделі алгоритмів поведінки з і проводити багатоваріантний аналіз показників ефективності БРТС короткотривалого використання. Модифікований метод простору станів, в залежності від складності алгоритму поведінки скорочує часові затрати при системотехнічному проектуванні.

Наведені приклади розв'язання задач оцінювання і аналізу показників ефективності алгоритму поведінки, які ілюструють вплив надійності апаратних засобів і кількості повторень циклу алгоритму та імовірність його успішного виконання за визначений проміжок часу. В результаті було отримано сімейство характеристичних кривих показника ефективності в залежності від зміни конкретних вхідних параметрів. Це дало змогу сформулювати рекомендації щодо модифікації або заміни варіанту алгоритму поведінки, що є підставою для вибору кращого з варіантів реалізації БРТС короткотривалого використання.

Зауваження. Не зрозуміло, чому стохастичний блок альтернативного переходу (таблиця 2.1) не має внутрішнього опису. Підрозділ 2.2 тяжіє до першого розділу, оскільки присвячений аналізу відомого методу простору станів. П. 2.3.4 «Верифікація моделі...» вельми поверхнево описує верифікаційну процедуру, яка є дуже загальною і майже очевидною. Доцільно було б надати їй певну формалізацію.

2.3. У *третьому розділі* представлено удосконалений метод схеми шляхів – компактного відтворення алгоритму поведінки замість застосування його блок-схеми. Схема шляхів є формалізованим описом поведінки БРТС короткотривалого використання і компактно показує сукупність усіх шляхів, які ведуть до успішного виконання або невиконання цільової функції системи.

Автор запропонував для формування схеми шляхів перетворити операційні блоки у відповідні їм функціональні блоки на схемі шляхів і показати зв'язки між ними, замінивши перевіряючі (умовні) блоки. Доведено, що фрагмент алгоритму, який містить цикл на схемі шляхів може бути представлений одним повторюваним функціональним блоком.

Це надало можливість описати модель алгоритму поведінки у формі виразу проходження найдовшого шляху від початку до успішного виконання з урахуванням успішних і неуспішних спроб виконання та кількості циклів, а також розробити та автоматизувати методику побудови моделі алгоритму поведінки системи.

Порівняння методів оцінки показників ефективності підтвердило достовірність результатів моделювання алгоритмів поведінки, отриманих розробленим методом схеми шляхів і вдосконаленим методом автоматизованої побудови графа станів та переходів відносно аналітичного методу мови алгоритмічних алгебр.

Зауваження. Опис особливостей та удосконалень в контексті посилання на класичні алгоритмічні алгебри мав би бути більш глибоким і ретельним. Це суттєво посилило вагомість результатів цього розділу. У розділі (стор.99) констатується, що розроблено прототип програмного засобу багатоваріантного

аналізу ефективності алгоритму поведінки БРТС короткотривалого використання, який дозволяє провести багатоваріантний аналіз алгоритмів поведінки методом схеми шляхів з мінімальними затратами часу. На жаль, інформація про цей засіб майже відсутня.

2.4. У четвертому розділі виконано багатоваріантний аналіз показників ефективності алгоритму поведінки радіотелеметричної системи методом схеми шляхів та модифікованим методом простору станів, що дозволило значно скоротити часові витрати на етапі системотехнічного проектування. За допомогою розробленої методики моделювання побудовано математичну модель алгоритму поведінки дворезимної БРТС короткотривалого використання. Важливо, що розроблені моделі та методи були застосовані для іншого класу систем – комплексів моніторингу наземної обстановки.

Зауваження. Доцільно було б більш системно надати результати впровадження і напрями подальших досліджень. Висновки до розділу мають характер аотації, а не власне висновків.

2.5. Обґрунтованість держаних наукових результатів базується на коректному використанні теорії системотехнічного проектування радіотехнічних систем та комплексів, теорії моделювання складних систем, теорії марковських випадкових процесів, теорії надійності складних систем.

Розроблення моделей алгоритму поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання здійснене з використанням удосконаленої і перевіреною на практиці технології аналітичного моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем, у якій застосовано метод формалізованого представлення об'єктів дослідження у вигляді структурно-автоматної моделі та метод побудови моделей у вигляді графа станів і переходів на основі структурно-автоматної моделі. Коректно використовується класичний математичний апарат теорії моделювання дискретно-неперервних стохастичних систем для побудови математичної моделі у вигляді системи диференційних рівнянь Колмогорова - Чепмена.

3. Наукова новизна одержаних результатів

3.1. *Новими є наступні положення дисертаційної роботи Шкілюка О.П:*

- вперше запропоновано метод побудови алгоритму поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання у вигляді «схеми шляхів», який, на відміну від існуючих, враховує можливості використання часової надлишковості, параметри успішного і неуспішного його завершення, і дозволяє формалізувати процедуру та зменшити витрати часу на розроблення моделі поведінки системи;

- вперше розроблено дві моделі поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання для режиму запису і напрямленої передачі та режиму запису, напрямленої передачі і відтворення телеметричної інформації, які, на відміну від відомих, не потребують представлення алгоритму поведінки канонічними регулярними формами і логічними функціями та враховують успішність його виконання при визначенні

середнього значення тривалості виконання, що дає змогу підвищити достовірність аналізу шляхом порівняння результатів за двома моделями;

- набув подальшого розвитку метод автоматизованої побудови графа станів і переходів, який, на відміну від відомого, передбачає модифікацію запису умови відмови та оброблення результатів розв'язання системи лінійних диференціальних рівнянь для врахування часової надлишковості та успішність завершення алгоритму, що дає змогу поглибити формалізацію процесу розроблення графу та сформулювати рекомендації для використання надлишковості системи.

3.2. *Означені результати сформульовано в цілому відповідно до дисертації і автореферату.* Різниця полягає у тому, що:

- проведено стилістичне редагування їх формулювань з метою виключення тавтологічних пояснень і висловів;

- додано до першого результату важливу, на наш погляд, складову ефекту «дозволяє формалізувати процедуру і ...»;

- уточнено кінцевий ефект для другого і третього результатів відповідно:

а) підвищити достовірність аналізу «...шляхом порівняння результатів за двома моделями»,

б) дає змогу «поглибити формалізацію процесу розроблення графу та сформулювати рекомендації для використання надлишковості системи».

3.3. *Наукові результати автора є вагомим внеском у розвиток методів і засобів оцінювання ефективності інформаційних систем з часовими обмеженнями в цілому.*

4. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується:

- використанням двохверсійного підходу до обчислення результатів за різними методами та їх порівняння, що мінімізує імовірність похибок;

- позитивними результатами опрацювання моделей і методів на реальних прикладах БРТС;

- обґрунтованими рекомендаціями щодо практичного використання наукових положень, які використано при виконанні НДР і ОКР.

5. Практична цінність результатів та їх подальше використання

5.1. Практична цінність результатів полягає у розробленні низки алгоритмів, методик і програмних засобів моделювання алгоритмів поведінки БРТС короткотривалого використання.

5.2. Акти впровадження результатів підтверджують використання наукових положень, висновків і рекомендацій у держбюджетних науково-дослідних роботах та навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка», а також у Науковому центрі сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

5.3. Подальше використання результатів дисертаційних досліджень доцільно в університетах, на кафедрах, які займаються розробленням та

впровадженням навчальних курсів з складних радіоелектронних і комп'ютерних систем, а також у НДІ і КБ, які формують вимоги та розробляють відповідні системи (НДІ РВ, НВО Хартрон, Авіаконтроль, тощо), а також спеціалізуються на створенні радіоелектронних систем для безпілотної авіації загального і оборонного призначення.

6. Оформлення дисертації та автореферату. Повнота публікацій

6.1. *Дисертаційну роботу* викладено на 168 сторінках, з них 110 сторінок основного тексту, 17 рисунка та 11 таблиць. Автореферат і дисертація оформлено відповідно з новими, досить ускладненими у черговий раз, атестаційними вимогами.

6.2. *Основні результати дисертації опубліковано* у 22 публікаціях, із них 1 – у іноземному періодичному виданні (Словаччина), 7 – у фахових виданнях України, 11 – у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій та 3 – у матеріалах науково-технічних конференцій України. Статті та доповіді опубліковано у виданнях, які індексуються у високорівневих міжнародних базах даних Scopus, IEEE Explorer. В статтях відображено основні наукові результати, відсутні повторювання та, як і в дисертаційній роботі, не застосовано результати інших авторів без відповідних посилань. Основні положення дисертації, обговорювалися на 15 міжнародних і Всеукраїнських НТК і семінарах. Це підтверджує достатній рівень апробації результатів роботи та визнання досягнень дисертанта провідними фахівцями галузі.

6.3. *У дисертації і авторефераті основні положення, результати і висновки сформульовані коректно і зрозуміло.* Текст дисертації логічно структурований. Графічний матеріал доповнює зміст роботи. Автореферат об'єктивно відображає основні результати дисертації. Автор в цілому коректно використовує наукову термінологію і термінологію, яка сформувалася у предметній області.

7. Зауваження, дискусійні питання

7.1. Більшість зауважень до змісту дисертації сформульовано у пп. 2.1-2.4, 3.2. Крім того, слід відзначити таке:

- мету дисертації сформульовано як (стор. 28-29) «розроблення засобів для розв'язання завдань параметричного синтезу алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання на етапі її системотехнічного проектування...». У такому формулюванні це скоріш наукова задача дисертації. Здається, що мета має бути сформульована як вимірюваний ефект для кінцевого користувача. З урахуванням наукових положень і практичної цінності вона, на нашу думку, полягає у підвищенні достовірності оцінювання показників ефективності і скороченні витрат на генерування та аналіз варіантів БРТС короткотривалого використання шляхом розроблення та практичного впровадження моделей і методів ... ;

- є певні зауваження щодо термінології та використання термінів засоби, способи, методи, алгоритми. Використання терміну «засоби» у темі дисертації

(Засоби багатоваріантного аналізу ефективності алгоритмів поведінки БРТС...) автором тлумачиться як сукупність моделей, методів і власне (програмних) засобів. На нашу думку, більш коректно було б використовувати у назві саме «моделі, методи і засоби...». Крім того, ключовими у дисертації є поняття алгоритму поведінки і моделі алгоритму поведінки. Однак, алгоритм – це власне і є модель, яка описує поведінку (функціонування) системи з урахуванням аспекту надійності. Доречно було б узгодити ці поняття чіткіше;

- більш детального дослідження потребує вплив варіанту побудови системи і показників надійності компонентів - як апаратних, так і програмних. Про останні у дисертації взагалі не йдеться. Слід було б більш ретельно сформулювати обмеження та припущення для досліджуваних БРТС.

7.2. *Зауваження і недоліки не є такими, що впливають на кінцеві висновки.* Вони можуть також розглядатися у контексті напрямів подальших досліджень

8. Висновки

8.1. *Представлена дисертація є завершеною роботою, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати.* У дисертації розв'язано науково-прикладну задачу розроблення моделей, методів і засобів багатоваріантного аналізу та оцінювання ефективності алгоритмів функціональної та надійнісної поведінки бортових радіотелеметричних систем короткотривалого використання.

8.2. *Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском у методи оцінювання показників надійності інформаційних систем та свідчать про високий професійний рівень дисертанта.* *Зміст роботи відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи, а саме формулі «... їх синтезу та дослідження на системному, техніко-експлуатаційному рівнях...» та пунктам:*

- розробка методологічних основ, теорії та принципів і побудови радіотехнічних та телевізійних систем (зокрема, відеоінформаційних і мультимедійних), у тому числі, систем радіолокації, радіонавігації, радіоуправління, радіозв'язку, дистанційного зондування середовищ, акусто-оптичних, діагностичних, а також проведення досліджень у галузі їх системного аналізу, моделювання, оптимізації, проектування, використання та управління ними;

- розробка методів і засобів вимірювання параметрів радіотехнічних та телевізійних систем, комплексів, пристроїв та їх вузлів, автоматизація контролю і прогнозування їх технологічного стану, надійності та живучості, технічне та інформаційне забезпечення життєвого циклу радіотехнічних та телевізійних систем.

8.3. *Вважаю, що дисертаційна робота «Засоби багатоваріантного аналізу ефективності алгоритмів поведінки бортової радіотелеметричної системи короткотривалого використання» цілком відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що пред'являються до кандидатських*

дисертацій, а її автор – Шкілюк Олександр Петрович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент – завідувач кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
заслужений винахідник України
доктор технічних наук, професор



В.С. Харченко

17 листопада 2017 р.

Підпис Харченка Вячеслава Сергійовича засвідчую.
Проректор Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут» з наукової роботи
доктор технічних наук, професор



О.В. Гайдачук